



# Etude de l'influence de voies électroniques mortes ou bruyantes sur les performances du système de déclenchement dimuons de l'expérience ALICE

F. Gimbert

## ► To cite this version:

F. Gimbert. Etude de l'influence de voies électroniques mortes ou bruyantes sur les performances du système de déclenchement dimuons de l'expérience ALICE. 2006, pp.1-37. in2p3-00118861

**HAL Id: in2p3-00118861**

**<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00118861>**

Submitted on 6 Dec 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Remerciements

Je tiens à remercier Madame H. FONVIEILLE pour m'avoir permis d'effectuer un nouveau stage JANUS au sein du Laboratoire de Physique Corpusculaire et Monsieur R. GUERNANE pour m'avoir guidé et conseillé durant toute la durée du stage ; j'ai apprécié sa disponibilité et les échanges constructifs qui ont été possible. Ce stage m'a donné l'opportunité d'être au plus près de la réalité du travail expérimental et d'entrer en contact avec d'autres intervenants du laboratoire ce qui a contribué à une meilleure maturité dans la vision de la poursuite de mes études.



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>1 Le Plasma de Quarks et de Gluons</b>	<b>7</b>
1.1 Quarks et Gluons . . . . .	7
1.2 Les différents états de la matière nucléaire . . . . .	7
1.3 Le confinement . . . . .	8
1.4 Le déconfinement . . . . .	9
1.5 La formation du QGP en laboratoire . . . . .	9
1.6 Signatures du QGP . . . . .	10
1.7 Production et suppression des résonances $J/\psi$ et $\Upsilon$ . . . . .	10
<b>2 L'expérience ALICE</b>	<b>13</b>
2.1 La partie centrale d'ALICE . . . . .	13
2.1.1 L'aimant L3 . . . . .	13
2.1.2 ITS : Inner Tracking System . . . . .	14
2.1.3 TPC : Time Projection Chamber . . . . .	14
2.1.4 TRD : Transition radiation Detector . . . . .	14
2.1.5 PID : Particle Identification Detector . . . . .	14
2.1.6 HMPID : High Momentum Particle Identification Detector . . . . .	14
2.1.7 PHOS : Photon Spectrometre . . . . .	14
2.2 Le spectromètre dimuons de ALICE . . . . .	14
2.2.1 Les absorbeurs . . . . .	15
2.2.2 Le système de trajectographie . . . . .	15
2.2.3 Le trigger ou système de déclenchement . . . . .	16
2.3 L'électronique du trigger local et création des masques . . . . .	16
<b>3 Influence des voies mortes et bruyantes sur l'efficacité de détection</b>	<b>19</b>
3.1 Les masques utilisés . . . . .	19
3.2 Le continuum du Charme et de la Beauté . . . . .	19
3.2.1 Efficacité de trigger nominale . . . . .	19
3.2.2 Efficacité de rejet en présence de voies mortes . . . . .	20
3.3 Efficacité de détection des quarkonia . . . . .	21
3.3.1 Efficacité nominale . . . . .	21
3.3.2 Efficacité de trigger en, présence de voies mortes . . . . .	22
3.3.3 Etude de l'évolution de l'efficacité différentielle avec les masques . . . . .	29
3.4 Etude de l'influence des voies bruyantes sur l'efficacité de détection . . . . .	30
<b>Conclusion</b>	<b>31</b>



# Introduction

Le détecteur ALICE (A Large Ion Collider Experiment) du LHC (Large Hadron Collider) est dédié à la physique des ions lourds dont l'un des objectifs est d'étudier une nouvelle phase de la matière nucléaire : le Plasma de Quarks et de Gluons (QGP). Le QGP est réalisé pour des densités d'énergie et de températures extrêmes qui pourront être atteintes dans des collisions d'ions lourds ultra-relativistes au LHC. Le détecteur ALICE a pour but d'étudier au sein d'un même dispositif expérimental l'ensemble des signatures du QGP connues à ce jour, dont la suppression des résonances de saveurs lourdes.

Le bras dimuons ou spectromètres à muons est un des sous-détecteurs d'ALICE. Il permet de mesurer la productions de muons issus de la désintégration des résonances  $J/\psi$  et  $\Upsilon$  dans les collisions Pb-Pb, p-Pb et p-p. Le spectromètre comporte des chambres de "tracking" (ou trajectographie), un dipôle et un système de déclenchement ("trigger") qui sélectionne les événements intéressants. La décision de trigger est délivrée par une électronique échelonnée sur trois niveaux : local, régional et global. Chaque niveau comporte un certain nombre de cartes électroniques (respectivement 234, 16, 1).

Le travail, présenté dans ce document, est consacré à l'étude de l'influence de voies mortes ou bruyantes des cartes électroniques sur l'efficacité de déclenchement. Pour cela des simulations ont été réalisées en utilisant des masques dans les collisions p-p et Pb-Pb.

Ce document se divise en trois chapitres :

- Le chapitre 1 décrit la physique du QGP, avec, en particulier le confinement et le déconfinement des quarks. Différentes signatures du QGP sont aussi étudiées dont la suppression des résonances des saveurs lourdes qui est celle qui nous intéresse.
- Le chapitre 2 est dédié à la description d'ALICE et de ses sous-détecteurs. Le spectromètre à muons et le fonctionnement de l'électronique du trigger sont aussi examinés.
- Le chapitre 3 présente finalement les résultats obtenus des simulations avec les masques en terme d'efficacité de détection.



# Chapitre 1

## Le Plasma de Quarks et de Gluons

### 1.1 Quarks et Gluons

Dans la théorie du modèle standard, les quarks sont, avec les leptons, les constituants fondamentaux de la matière ordinaire. Les quarks, à la différence des leptons, ne se retrouvent pas à l'état libre : ils forment d'autres particules non-élémentaires en s'associant entre eux. Il existe six quarks, classés en trois familles.

La première famille composée des quarks "up" et "down" permet d'obtenir la matière nucléaire, c'est-à-dire la matière ordinaire. Ainsi l'association de deux quarks "up" et un quark "down" forme un proton alors que deux quarks "down" et un quark "up" donnent un neutron. Les deux autres familles composées des quarks étrange, charmé, bottom (ou beau) et top n'interviennent que pour la création de hadrons dans des conditions particulières : au sein des étoiles ou auprès des accélérateurs.

Les quarks sont sensibles à l'interaction forte qui permet ainsi le confinement des quarks à l'intérieur des nucléons. Elle est aussi responsable de la stabilité de la matière nucléaire car elle maintient les protons et neutrons dans le noyau. Le médiateur de cette force est le gluon.

### 1.2 Les différents états de la matière nucléaire

La matière nucléaire peut se présenter selon quatre états dépendants de la température et de la densité. Ces différents états sont représentés sur la figure 1.1 dans le plan température-potentiel chimique baryonique.

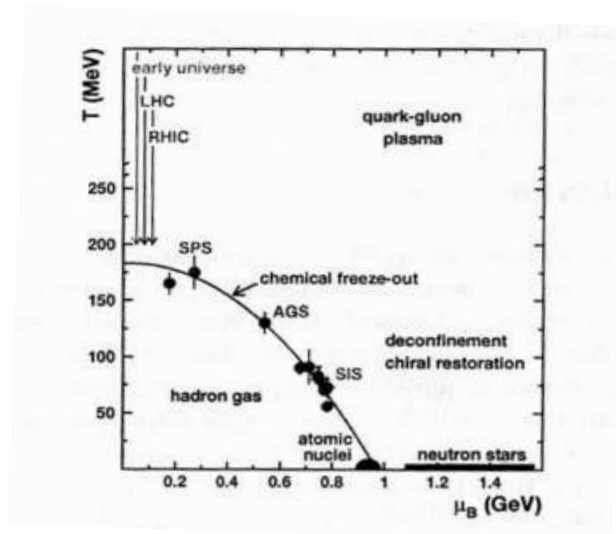


FIG. 1.1 – Diagramme de phase de la matière nucléaire dans le plan température-potentiel chimique baryonique

La zone de déconfinement prévue par la chromodynamique quantique se situe au-delà de la ligne continue, dans une région de haute température et de grande densité baryonique (i.e. grand  $\mu_B$ ) : la matière nucléaire serait dans un



état de plasma de quarks et de gluons. En deçà, il y a une région de basse température et basse densité : elle correspond aux hadrons ordinaires. Entre les deux régions s'effectue une transition de phase, dite transition de déconfinement, où les hadrons ordinaires se dissolvent en un plasma formé de leurs constituants élémentaires, les quarks et les gluons.

Pour atteindre les différentes régions de ce diagramme en laboratoire, on effectue des collisions d'ions lourds à différentes énergies. Le diagramme indique les performances des différents accélérateurs en fonctionnement et ceux en construction comme le LHC. L'observation de la phase de déconfinement sera expliquée dans la suite du chapitre.

### 1.3 Le confinement

Dans le modèle des quarks de M.Gell-Mann et G.Zweig, les quarks sont considérés comme les constituants élémentaires de la matière nucléaire. Or les quarks, pour former des baryons, doivent s'assembler par trois, avec par fois des quarks ayant la même saveur (par exemple, le proton avec deux quarks up). On aurait donc deux particules avec des nombres quantiques identiques au même endroit et en même temps, ce qui viole le principe d'exclusion de Pauli. O.W. Greenberg introduit donc la notion de charge de couleur pour pallier cette violation. Il a fallu postuler l'existence de trois couleurs : rouge, bleu et vert et leur anti-couleur associée. Les quarks ne sont pas observables à l'état libre : ils sont confinés à l'intérieur des hadrons. Ces derniers sont alors dits incolores. L'interaction forte s'exerce alors dans le champ de couleur, c'est-à-dire qu'elle s'applique entre particules portant une charge de couleur. Cette nouvelle théorie fut ensuite appelée la Chromodynamique Quantique (QCD).

Le confinement des quarks s'explique en admettant l'hypothèse qu'aucun objet coloré n'est visible. Les hadrons doivent être incolores et ne peuvent donc être composés que de ces associations de quarks :  $(RVB)$ ,  $(\bar{R}\bar{V}\bar{B})$ ,  $(R\bar{R})$ ,  $(V\bar{V})$  ou  $(B\bar{B})$ . L'interaction forte s'exerçant entre deux quarks à l'aide de ligne de couleur croît avec la distance. La force entre les quarks est de plus en plus faible lorsqu'ils s'approchent l'un de l'autre : les quarks possèdent ainsi une liberté asymptotique à courte distance.

Ce phénomène explique le confinement des quarks. En effet, si l'on cherche par exemple à séparer une paire de quark-antiquark (c'est-à-dire un méson), il faut fournir de plus en plus d'énergie car la force forte reliant les quarks s'intensifie avec la distance, comme l'indique la figure 1.2. À partir d'un moment, la quantité d'énergie fournie permettra de créer un autre méson en plus de l'initial. C'est pour cette raison que des "jets" hadroniques apparaissent dans les collisions de particules dans les accélérateurs.

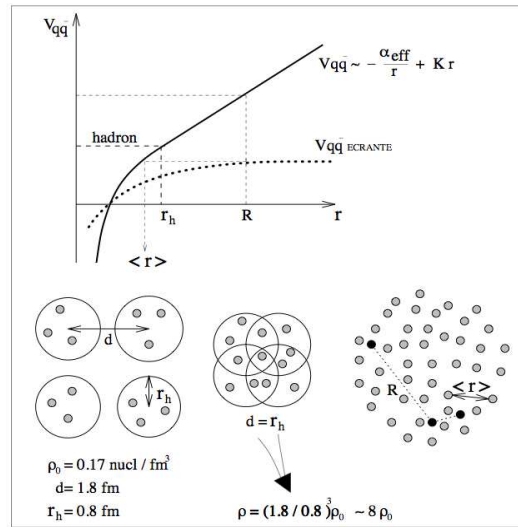


FIG. 1.2 – Variation du potentiel quark-antiquark ( $V_{q\bar{q}}$ ) en fonction de la distance d'interaction ( $r$ ). Illustration du déconfinement : comparaison entre la matière nucléaire dans son état fondamental (densité  $\rho_0$ ) et la matière nucléaire comprimée à  $\rho \sim 8\rho_0$

## 1.4 Le déconfinement

Le déconfinement des quarks est une prédiction de la chromodynamique quantique. Si la matière nucléaire est portée à une température extrême, alors l'interaction forte cesse de s'exercer entre les quarks des hadrons. Dans un QGP, les hadrons sont dans une telle concentration qu'ils se chevauchent. Les lignes de couleur sont alors moins intenses du fait de la présence de nombreuses charges de couleurs. Les quarks et les gluons ont ainsi un libre parcours moyen supérieur la taille des hadrons.

## 1.5 La formation du QGP en laboratoire

Pour créer un Plasma de Quarks et de Gluons, deux façons extrêmes sont possibles d'après la figure 1.1 :

- En comprimant fortement les nucléons, la densité de matière et donc le potentiel chimique baryonique  $\mu_b$  augmentent tout en conservant la température du système proche de zéro. On parcourt ainsi "horizontalement" le diagramme de phase.
- On élève la température du système sans faire varier le potentiel chimique baryonique. La densité de matière augmente ainsi uniquement par la création de partons due à l'apport d'énergie thermique. Le système reste à l'équilibre chimique et  $\mu_b$  nul. Le plasma se forme autour d'une température  $T_c \approx 150 - 200$  MeV. Ceci revient à parcourir "verticalement" le diagramme de phase.

Pour atteindre la transition de phase en laboratoire, il faut obtenir les valeurs critiques de température et de potentiel chimique mais aussi être capable de les maintenir. La température dépend de l'énergie des faisceaux tandis que le degré d'arrêt ou de "stopping" des ions influence la densité baryonique. Au LHC, les faisceaux auront une énergie importante ce qui permettra un faible degré d'arrêt. Ainsi la formation du QGP devrait suivre le deuxième modèle : haute température avec un potentiel chimique baryonique quasi-nul.

La figure 1.4 représente schématiquement le déroulement d'une collision noyau-noyau centrale de haute énergie. Les deux ions sont représentés par des disques car la contraction de Lorentz des longueurs a pour effet d'aplatir les ions aux énergies relativistes. Les deux noyaux, ayant un degré de transparence élevé, se traversent en emportant avec eux la quasi-totalité des nucléons initiaux. Le milieu ainsi créé dans la zone de contact est alors très excité, très chaud mais de faible densité baryonique et peut ensuite évoluer vers un plasma de quarks et de gluons. Plus la collision est centrale, plus la densité d'énergie au point d'interaction est élevée et plus le système a de chances d'évoluer vers le plasma de quarks et de gluons.

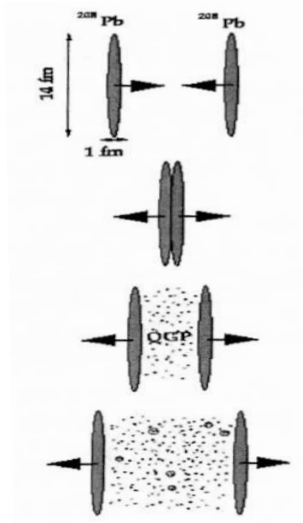


FIG. 1.3 – Schéma d'une collision centrale entre deux ions ultra-relativistes

## 1.6 Signatures du QGP

Après une collision d'ions lourds, les détecteurs ont été traversés par les particules issues de la collision. À partir des informations recueillies, il faut déterminer si une phase de plasma de quarks et de gluons a été créée. Il existe différentes signatures de la formation du QGP, plus ou moins facile à mettre en évidence.

- **La production d'étrangeté**

Une production anormale d'étrangeté peut être une signature du QGP. Toutefois d'autres sources produisent de l'étrangeté, en particulier les interactions secondaires lors de la phase hadronique.

- **La production de dileptons**

Dans le QGP, des interactions quark-antiquark produisent une paire de leptons  $l^+l^-$  par l'intermédiaire d'un photon virtuel. Un excès de cette production est attendu dans le cas du QGP. Mais de nombreuses autres sources possibles de paires de leptons existent.

- **La suppression des particules de haute impulsion transverse  $p_t$**

Les particules émises avec une grande énergie forment des "jets" de particules. Si le milieu créé lors de la collision est assez absorbant, ces "jets" seront alors supprimés. Cette signature est connue sous le nom de "Jet Quenching".

- **La suppression des résonances de haute masse**

Les résonances de haute masse sont le  $J/\psi$  et le  $\Upsilon$ . La suppression dans le plasma de quarks et de gluons du  $J/\psi$  et du  $\Upsilon$  est considérée comme une excellente signature de la formation du QGP. Nous allons donc examiner plus précisément les résonances de haute masse.

## 1.7 Production et suppression des résonances $J/\psi$ et $\Upsilon$

Le  $J/\psi$  (respectivement, le  $\Upsilon$ ) est un méson formé des quarks  $c$  et  $\bar{c}$  (respectivement,  $b$  et  $\bar{b}$ ) et appelé charmonium (respectivement, bottomonium) : les deux états liés sont appelés quarkonia. La figure 1.4 montre schématiquement le mécanisme de formation d'un  $J/\psi$  par fusion de gluons dans une interaction p-p.

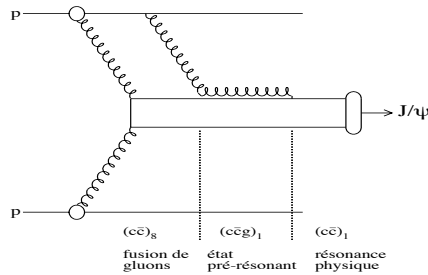


FIG. 1.4 – Production du  $J/\psi$  dans une collision p-p

Les dimensions du  $J/\psi$  et du  $\Upsilon$  sont significativement inférieures aux dimensions des protons, neutrons et pions et sont donc moins sensibles à la phase hadronique qui suit la phase plasma. En revanche les quarkonia sont très sensibles à la phase plasma qui annihilent la formation d'un état lié ( $q\bar{q}$ ). De plus, ces particules ne peuvent être produites qu'aux premiers instants de la collision ion-ion étant donné la valeur élevée de la masse du  $J/\psi$  ( $3.1 \text{ GeV}/c^2$ ) et du  $\Upsilon$  ( $9.5 \text{ GeV}/c^2$ ). La perte d'énergie due aux collisions successives interdit la formation de quarkonia au-delà de la première collision nucléon-nucléon ce qui n'est pas le cas pour d'autres "signatures" du QGP, l'étrangeté par exemple (figure 1.5).

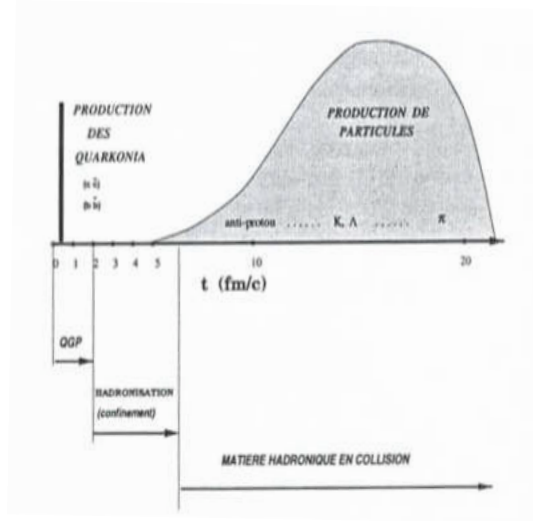
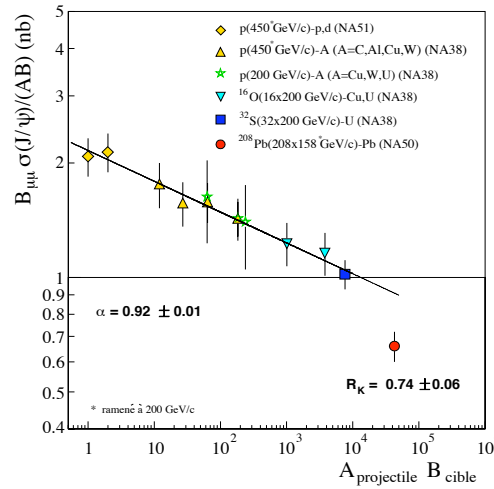


FIG. 1.5 – Evolution temporelle d'une collision Pb-Pb à 158 GeV

Les expériences NA50 et NA38 ont étudié la suppression des résonances de haute masse au SPS. Elles ont permis pour la première fois d'observer la suppression "anormale" du  $J/\psi$ . Les résultats sont indiqués dans la figure 1.6 montrant l'évolution de la section efficace de la production du  $J/\psi$  en fonction du produit  $AB$  des nombres de masse du projectile et de la cible. Pour les collisions Pb-Pb avec un faisceau de 158 GeV, on constate une forte déviation par rapport à la loi d'absorption nucléaire. Une telle baisse est qualifiée d'anormale.

FIG. 1.6 – Section efficace de production du  $J/\psi$  en fonction du système étudié



## Chapitre 2

# L'expérience ALICE

Le détecteur ALICE (A Large Ion Collider Experiment) est le seul détecteur dédié à l'étude des collisions d'ions lourds ultra-relativistes au LHC (Large Hadron Collider). Il doit permettre l'étude de la plupart des signatures du plasma de quarks et de gluons. Pour cela, de nombreux détecteurs sont nécessaires pour couvrir une zone géométrique maximale, avec une sensibilité à toutes les observables.

Le détecteur ALICE se compose essentiellement de deux parties :

- la partie centrale est destinée à la mesure des particules chargées (hadrons, électrons) et des photons.
- la partie avant comprend le spectromètre à muons.

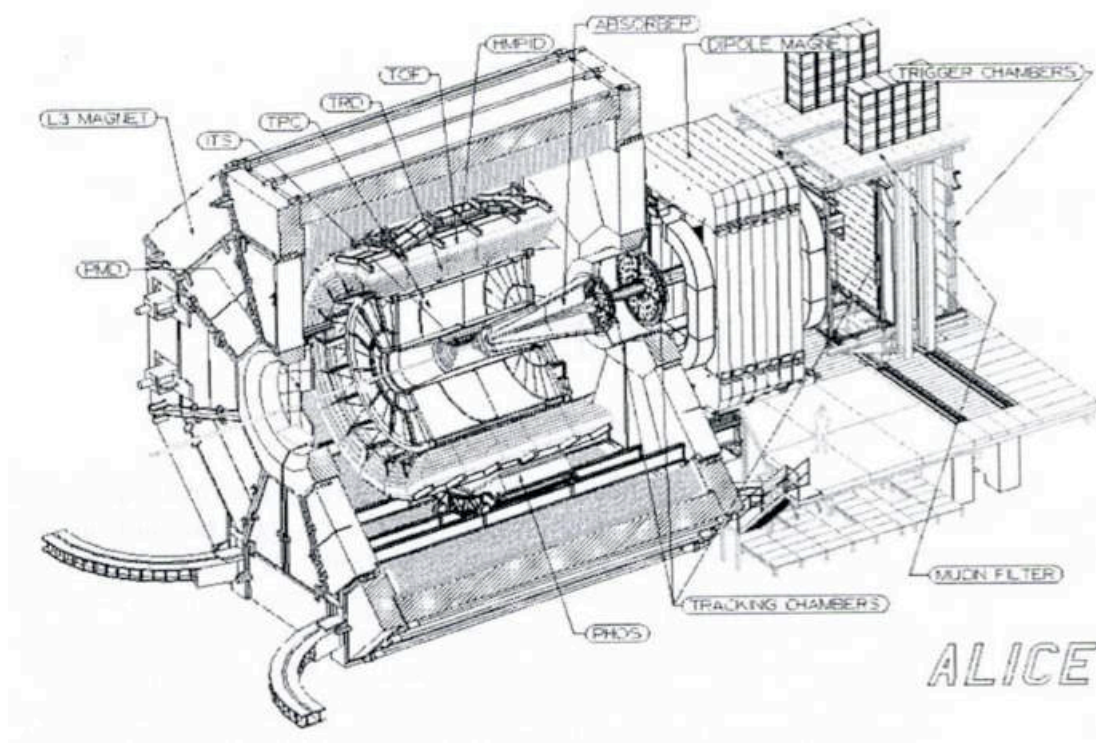


FIG. 2.1 – Vue 3D du détecteur ALICE

## 2.1 La partie centrale d'ALICE

### 2.1.1 L'aimant L3

La partie centrale d'ALICE ou "Barrel" est plongée dans le champ solénoïdal de l'aimant L3, dont la valeur optimale est 0.2 T. Les particules chargées ayant un  $p_t$  supérieur à 100 MeV/c peuvent ainsi être identifiées.

### 2.1.2 ITS : Inner Tracking System

Les fonctions de l'ITS sont :

- de reconstruire les traces des particules de basse impulsion (jusqu'à un  $p_t = 20 \text{ MeV}/c$  pour les électrons).
- d'améliorer la résolution sur les traces de haute impulsion.
- de déterminer les vertex secondaires, par exemple, des désintégrations des mésons D et B, des hypérons ( $\Lambda, \Xi, \Omega$ ) et des  $K_s^0$ .
- de déterminer avec précision le vertex d'interaction.

L'ITS est constitué de six cylindres de détecteurs de haute résolution, comprenant un total de 17 millions de voies. Compte tenu de la très haute densité de traces, il faut des détecteurs capables de travailler en 3 dimensions. Trois technologies sont utilisées : les détecteurs silicium à "pixels", à "drifts" et à micro-pistes ("micro-strips").

### 2.1.3 TPC : Time Projection Chamber

La TPC se situe au coeur du détecteur ALICE et permet essentiellement la reconstruction des traces, la mesure de l'impulsion et l'identification des particules par la perte d'énergie  $dE/dx$ .

### 2.1.4 TRD : Transition radiation Detector

Le TRD est situé entre la TPC et l'aimant L3. Son rôle est d'assurer une séparation électrons-pions afin de mesurer le signal diélectrons ( $e^+e^-$ ). Ceci permet d'étudier la production de résonances de haute masse et leur éventuelle suppression.

### 2.1.5 PID : Particle Identification Detector

Le PID mesure le temps de vol des particules pour améliorer leur identification à haute impulsion. La séparation  $\pi/K$  dans l'intervalle  $0.5 - 2 \text{ GeV}/c$  nécessite par exemple une précision de l'ordre de 100 ps sur la détermination du temps de vol.

### 2.1.6 HMPID : High Momentum Particle Identification Detector

Des détecteurs à effet Cherenkov sont utilisés pour la détection des particules de haute impulsion transverse qui sont associées à la production de jets. La technologie utilisée sur l'expérience ALICE, RICH, permet l'identification des particules dans un environnement de haute multiplicité ( $50 \text{ part.}/m^2$ ) et dans un large intervalle d'impulsion.

### 2.1.7 PHOS : Photon Spectrometre

Le détecteur de photon est essentiellement conçu pour la recherche de photons directs et la mesure de production des  $\pi^0$  et  $\eta$  ( $\pi^0 \leftrightarrow 2\gamma, \eta \leftrightarrow 2\gamma$ ) de grande impulsion.

## 2.2 Le spectromètre dimuons de ALICE

Le spectromètre dimuons, ou bras dimuons, permet essentiellement d'étudier la production des résonances de la famille du  $J/\psi$  et du  $\Upsilon$  via leurs muons de désintégration. Le bras dimuons se compose d'absorbeurs de hadrons, d'un dipôle, de chambres de "tracking" et de "trigger".

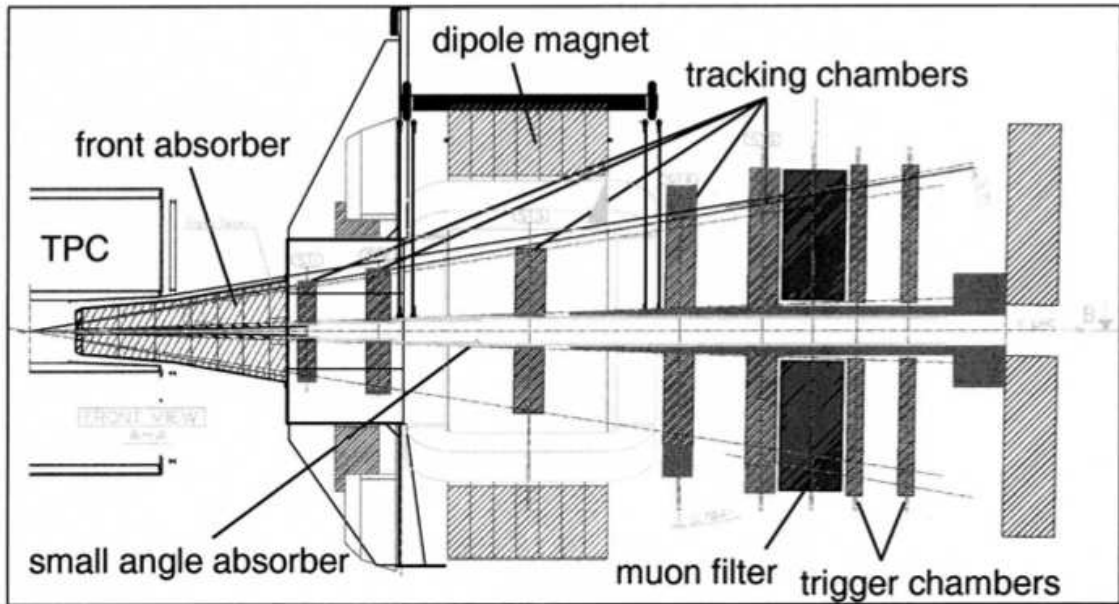


FIG. 2.2 – Schéma présentant les principaux éléments du spectromètre dimuons

### 2.2.1 Les absorbeurs

Le spectromètre dimuons comporte trois absorbeurs principaux pour réduire le bruit de fond sans dégrader le signal obtenu.

- **L'absorbeur frontal** : En forme de cône, il couvre l'acceptance du spectromètre et débute à 90 cm du vertex d'interaction afin de faire interagir au plus vite les pions et les kaons avant leur désintégration en muons.
- **Le filtre à muons** : Un mur de fer de 1.2 m d'épaisseur protège le trigger en absorbant les éventuels hadrons après l'absorbeur frontal et ne laisse passer que les muons.
- **L'absorbeur à petit angle** : L'absorbeur à petit angle doit permettre la détection des muons jusqu'à un angle de  $2^\circ$ , tout en protégeant les chambres. Il traverse le spectromètre dans toute sa longueur et laisse passer les faisceaux.

### 2.2.2 Le système de trajectographie

Le système de trajectographie du spectromètre dimuons est composé d'un dipôle électromagnétique et de 5 stations de 2 chambres de tracking.

- **Le dipôle** : Le dipôle est un aimant chaud créant un champ magnétique intégré de 3 T.m. La déviation se fait uniquement dans le plan vertical (axe Y). Il a une longueur de 5 m et une acceptance angulaire de  $2^\circ$  à  $9^\circ$ .
- **Les chambres de tracking** : Les chambres de tracking sont des détecteurs à cathode segmentée ou CPC ("Cathode Pad Chamber"). Les stations 3 à 5 sont constituées de détecteurs sous forme de lattes et les stations 1 et 2, de quadrants. Les différentes chambres sont disposées de part et d'autre du dipôle et sont chacune composées de 2 plans de chambres. Chaque chambre permet d'avoir accès à la position de l'impact en 2 dimensions.



### 2.2.3 Le trigger ou système de déclenchement

#### Rôle du trigger

Le trigger doit sélectionner les événements intéressants, c'est-à-dire ceux dont le signal provient d'une paire de muons issues de la désintégration d'une résonance  $J/\psi$  ou  $\Upsilon$ . Ces muons, pour la plupart de haute impulsion, sont émis parmi un important bruit de fond. La source principale du bruit de fond est principalement les muons à bas  $p_t$  de désintégration des  $\pi$  et des  $K$ .

Une coupure sur l'impulsion transverse  $p_t$  des traces doit donc être effectuée par le trigger pour réduire le bruit de fond. Un signal de trigger dimuons est délivré si au moins deux traces, au dessus d'un certain seuil en impulsion transverse, sont trouvées dans un événement.

#### Fonctionnement du trigger

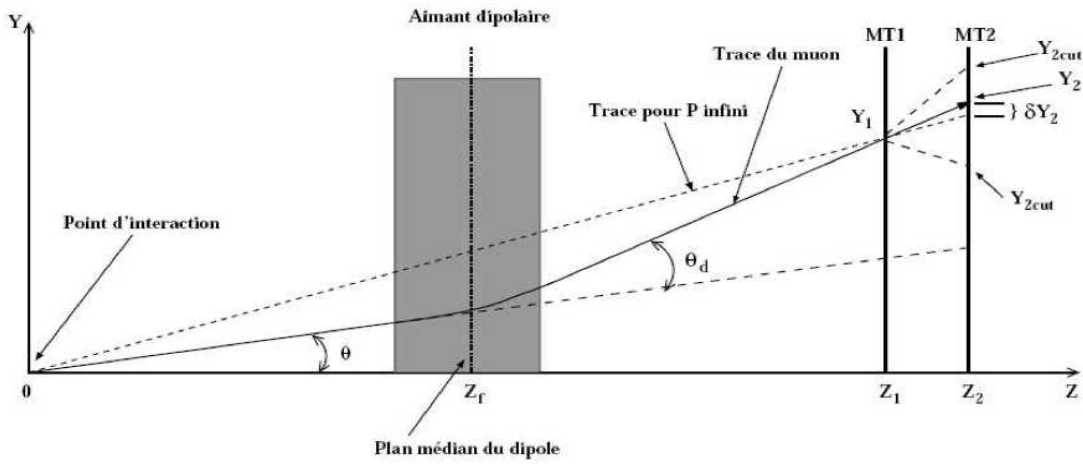


FIG. 2.3 – Schéma de principe du trigger du spectromètre dimuons

Les informations nécessaires au trigger pour sélectionner les événements intéressants sont fournies par deux stations de détections MT1 et MT2. Elles se situent à 16 et 17 m du point d'interaction, derrière le mur de fer. L'impulsion transverse de la trace est calculée à partir de la déviation  $\delta Y_2$  mesurée entre les stations MT1 et MT2.

Chaque station se compose de deux plans de chambres RPC ("Resistive Plate Chamber") qui sont équipées de plans de lecture orthogonaux X et Y. La mesure de la déviation suivant l'axe Y est donnée par les "strips" horizontaux de chaque plan. Les "strips" verticaux donnent la position X.

Au niveau local, le système de déclenchement implémente deux coupures en impulsion transverse sur les traces simples : une coupure basse pour sélectionner les muons issus de la désintégration du  $J/\psi$  (environ 1 GeV/c) et une coupure haute pour ceux du  $\Upsilon$  (environ 2 GeV/c). Les valeurs de ces coupures ont été optimisées afin d'obtenir un compromis entre le rejet du bruit de fond et l'efficacité de détection du signal.

Le niveau de trigger local est suivi d'un niveau régional puis global, chargés de regrouper les informations et de délivrer un signal de trigger dimuons pour chaque seuil en  $p_t$ . Il y a 234 cartes locales réparties dans 16 paniers VME situés juste au-dessus du détecteur. Les informations du niveau local sont regroupées au niveau régional (1 carte régionale par panier VME) puis envoyées vers la carte globale.

## 2.3 L'électronique du trigger local et création des masques

Le niveau local de l'électronique de trigger est constitué de 234 cartes électroniques réparties dans 16 paniers ou "crates". Chaque carte a en charge une zone définie du plan (X,Y). Elles doivent trouver les traces grâce aux informations des deux stations, d'en évaluer la déviation magnétique verticale et d'effectuer une coupure en  $p_t$ . Les zones prises en charge par les différentes cartes locales forment le pavage montré sur la figure 2.5.

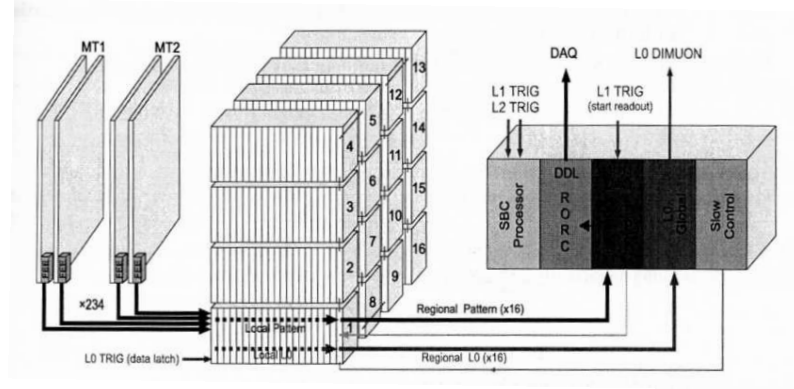


FIG. 2.4 – Schéma général du trigger

Une carte locale possède huit entrées (X1, X2, X3, X4, Y1, Y2, Y3, Y4) chacune regroupant 16 voies, chaque voie étant physiquement reliée à un strip du détecteur. Le masque pour une carte locale est donc formé de 8 mots de 16 bits. Dans le cadre des simulations, la réponse locale est un mot de 6 bits  $[H1:H0]:[L1:L0]:[A1:A0]$  réparti en trois doublets correspondant aux différentes possibilités de coupure en  $p_t$  : aucune (All  $p_t$ ), basse (Low  $p_t$ ), haute (High  $p_t$ ). En situation de fonctionnement normal, seulement deux coupures demeureront. Une carte régionale possède 16 entrées dont chacune est la réponse de 6 bits d'une carte locale. Un masque pour une carte régionale est donc 16 mots de 6 bits. La réponse régionale est un mot de 12 bits  $[HS1:HS0:HLS:HOS]:[LS1:LS0:LLS:LOS]:[AS1:AS0:ALS:AOS]$  composé de trois quadruplets contenant les informations sur les muons détectés (simples, doubles, haut  $p_t$ , ...). La carte globale possède 16 entrées correspondant chacune à la réponse d'une carte régionale. Un masque pour la carte global serait donc 16 mots de 12 bits. Mais l'étude de voies mortes au niveau global ne sera pas réalisée car elle ne serait pas pertinente.

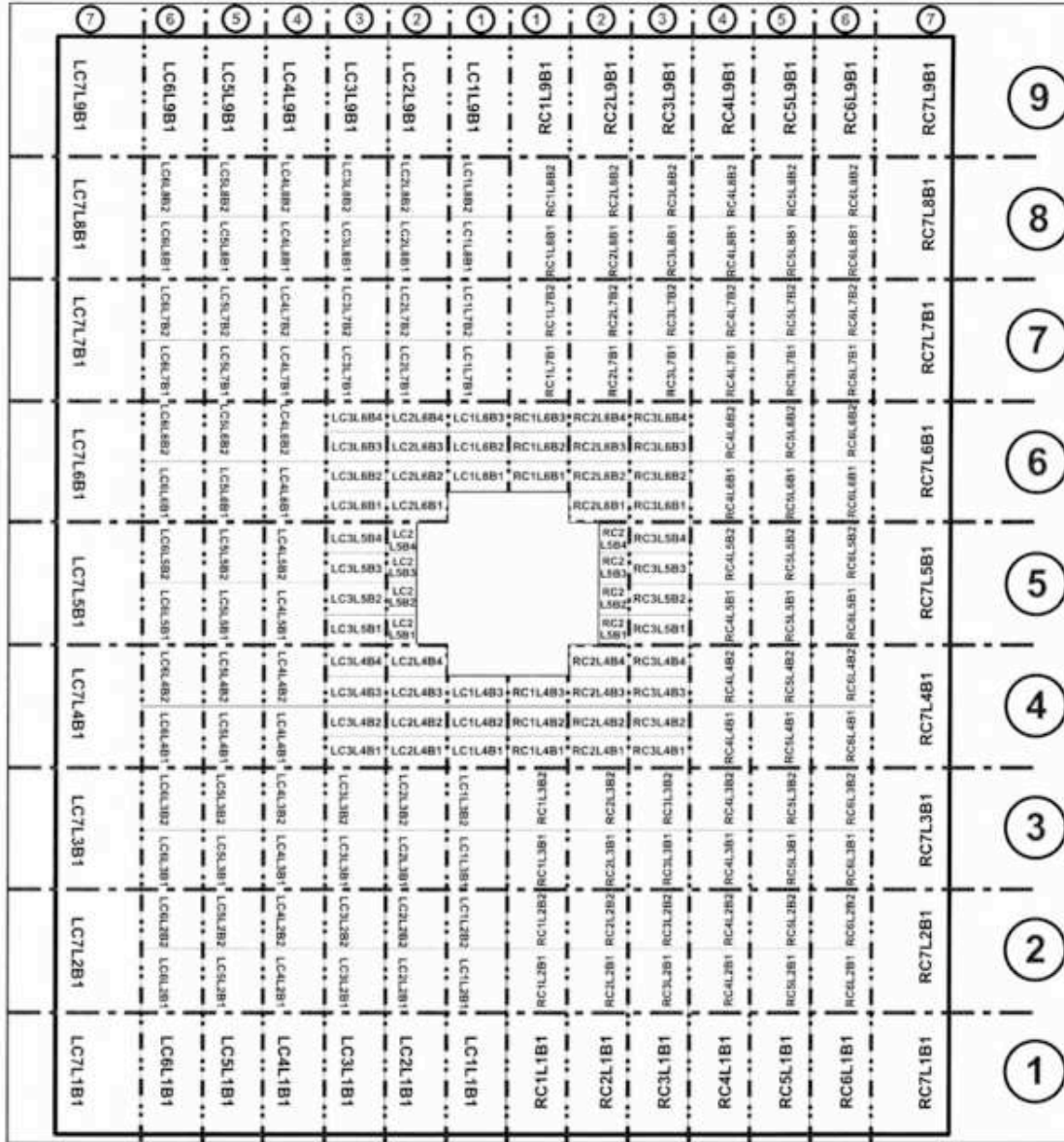


FIG. 2.5 – Plans des cartes de trigger local. Les cartes sont repérées par *L* ou *R* (pour Left ou Right) suivi du numéro de colonne, de ligne et de carte à l'intérieur du module ainsi défini.

## Chapitre 3

# Influence des voies mortes et bruyantes sur l'efficacité de détection

Tous ce qui suit s'applique à l'études des voies mortes. Celle des voies bruyantes ne se fera que dans la dernière section de ce chapitre.

### 3.1 Les masques utilisés

Nous étudierons l'influence des masques aux niveaux local et régional. Au niveau local, nous utiliserons des séries de masques détaillées pour avoir une bonne précision sur les pertes d'efficacité. Ainsi, nous masquerons petit à petit toutes les entrées d'une carte pour obtenir au final une carte quasiment morte. En effet, pour chaque entrée masquée, seules 8 voies sur 16 seront masquées mais une carte avec 8 entrées masquées peut être considérée comme morte. Ces masques seront effectués sur un nombre différent de cartes : 5, 10, 25, 50, 90, 125, 175, 200 et enfin 230.

Les masques au niveau régional seront fait plus à titre indicatif puisque nous masquerons soit 4 entrées par carte régionale, soit 8 entrées, pour 1 et 5 cartes régionales. L'effet des masques sera donc nettement plus marqué.

Les masques utilisés sont relativement précis et peuvent affecter un nombre important de voies. Toutefois, des études préliminaires semblent indiquer qu'au maximum 5% du total des voies du trigger peuvent être mortes simultanément. Cette valeur correspond à une dizaine de cartes locales mortes jusqu'à une centaine de cartes avec 1 entrée masquée. Ce nombre de cartes peut être ramené à environ 50 car une telle dispersion de voies mortes est improbable. Ce pourcentage est volontairement surestimé afin de conserver un facteur de sécurité et peut être réduit à néant si une intervention matérielle est possible.

Dans la suite de ce rapport, les masques affectant les cartes avec 1 à 4 entrées masquées seront appelés masques faibles et ceux masquant 5 à 8 entrées par carte, masques forts. De plus toutes les efficacités calculées ont des incertitudes statistiques variant de 1% à 5% et qui restent donc dans des limites raisonnables.

### 3.2 Le continuum du Charme et de la Beauté

Toutes les efficacités calculées sont obtenues avec des collisions d'ions lourds seulement.

#### 3.2.1 Efficacité de trigger nominale

Les muons issus de la désintégration des hadrons charmés ( $D^0$ ,  $\overline{D^0}$ ,  $D^\pm$ ,  $D_s^\pm$ ,  $\Lambda_c^\pm$ ) et beaux ( $B^0$ ,  $\overline{B^0}$ ,  $B^\pm$ ,  $B_s^0$ ,  $\overline{B_s^0}$ ,  $\Lambda_b^0$ ,  $\overline{\Lambda_b^0}$ ) sont la source principale de particules de haut  $p_t$  atteignant le spectromètre dimuons.

Les efficacités de rejet pour chacune de ces sources de muons sont indiquées dans le tableau 3.1.

	charm	beauty
$1 - \epsilon_{\text{trig}}^{\text{all-pt}}$	28%	10%
$1 - \epsilon_{\text{trig}}^{\text{l-pt}}$	73%	27%
$1 - \epsilon_{\text{trig}}^{\text{h-pt}}$	90%	56%

TAB. 3.1 – Efficacité de rejet des muons issus des désintégrations des hadrons charmés et beaux pour différentes coupures en  $p_t$

L’efficacité de rejet augmente ainsi avec la coupure en  $p_t$  mais on constate que les muons issus de la désintégration de hadrons beaux sont plus durs à rejeter que ceux de hadrons charmés du fait de leur spectre en  $p_t$  plus piqué à grand  $p_t$ .

3.2.2 Efficacité de rejet en présence de voies mortes

Rejet des muons issus du charme

Les efficacités de rejet des muons issus de la désintégration du charme ouvert sont présentées dans le tableau 3.2.

Masque utilisé	Efficacité de rejet avec la coupure basse	Différence par rapport à la valeur de référence	Efficacité de rejet avec la coupure haute	Différence par rapport à la valeur de référence
1 entrée masquée pour 50 cartes	71%	−2%	90%	−0%
2 entrées masquées pour 50 cartes	72%	−1%	89%	−1%
3 entrées masquées pour 50 cartes	74%	+1%	88%	−2%
4 entrées masquées pour 50 cartes	74%	+1%	91%	+1%
5 entrées masquées pour 25 cartes	73%	+0%	90%	−0%
6 entrées masquées pour 25 cartes	74%	+1%	90%	−0%
7 entrées masquées pour 25 cartes	71%	−2%	90%	−0%
8 entrées masquées pour 25 cartes	69%	−4%	88%	−2%

TAB. 3.2 – Efficacité de rejet avec la présence de voies mortes des muons issus des désintégrations des hadrons charmés pour les coupures en  $p_t$  haute et basse

Rejet des muons issus de la beauté

Les efficacités de rejet des muons issus de la désintégration de la beauté sont présentées dans le tableau 3.3.

L’efficacité de rejet varie très peu pour des nombres de cartes masquées raisonnables. Toutefois, dans le cas des muons issus de la beauté, l’efficacité de rejet est plus sensible à la présence de masques que celle des muons issus du charme : elle augmente de 8% pour 25 cartes locales mortes alors que, pour le charme, elle est quasiment égale à celle sans masque (en tenant compte des incertitudes).

Masque utilisé	Efficacité de rejet avec la coupure basse	Différence par rapport à la valeur de référence	Efficacité de rejet avec la coupure haute	Différence par rapport à la valeur de référence
1 entrée masquée pour 50 cartes	28%	+1%	56%	+0%
2 entrées masquées pour 50 cartes	29%	+2%	56%	+0%
3 entrées masquées pour 50 cartes	28%	+1%	55%	-1%
4 entrées masquées pour 50 cartes	32%	+5%	58%	+2%
5 entrées masquées pour 25 cartes	31%	+4%	56%	+0%
7 entrées masquées pour 25 cartes	32%	+5%	58%	+2%
8 entrées masquées pour 25 cartes	35%	+8%	59%	+3%

TAB. 3.3 – Efficacité de rejet avec la présence de voies mortes des muons issus des désintégrations des hadrons beaux pour les coupures en  $p_t$  haute et basse

### 3.3 Efficacité de détection des quarkonia

#### 3.3.1 Efficacité nominale

Les efficacités de détection des muons issus des désintégrations des résonances de haute masse pour différentes collisions sont reportées dans les tableaux 3.4 et 3.5.

		$J/\psi$	$\Upsilon$
<b>p-p</b>	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{all-pt}}$	92%	98%
	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{l-pt}}$	73%	98%
	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{h-pt}}$	26%	94%

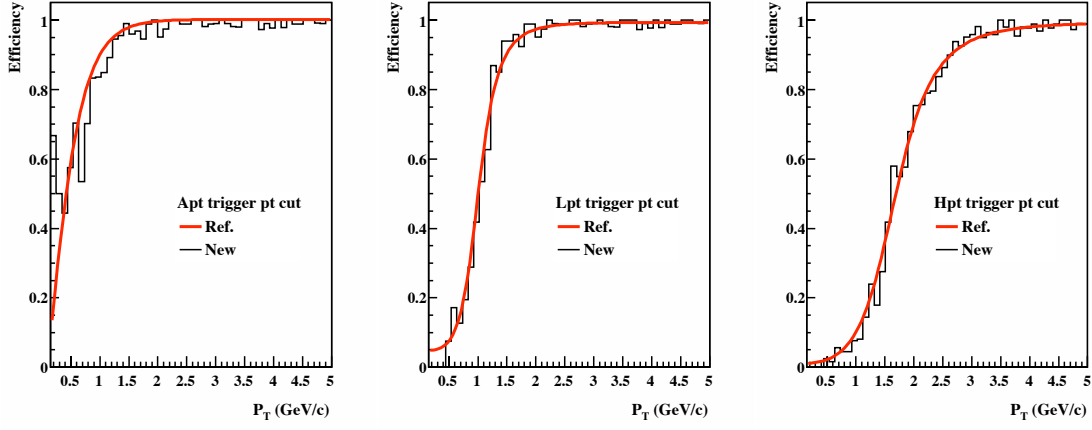
TAB. 3.4 – Efficacité de détection selon différentes coupures en  $p_t$  pour des collisions p-p

		$J/\psi$	$\Upsilon$
<b>Pb-Pb</b>	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{all-pt}}$	92%	98%
	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{l-pt}}$	69%	98%
	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{h-pt}}$	28%	96%

TAB. 3.5 – Efficacité de détection selon différentes coupures en  $p_t$  pour des collisions Pb-Pb

Ces efficacités associées à celle obtenues pour le rejet du bruit de fond expliquent le choix des coupures en  $p_t$ . Dans le cas de la résonance  $J/\psi$ , une coupure haute fait chuter l'efficacité de détection à 28% : il faut donc faire un compromis entre la détection du signal et le rejet du bruit de fond avec une coupure basse. Par contre, pour la résonance  $\Upsilon$ , la coupure haute permet d'avoir une efficacité de rejet meilleure tout en gardant une bonne efficacité de détection.

La valeur de ces coupures et leur nécessité sont encore mieux visibles sur les graphes représentant l'efficacité en fonction de l'impulsion transverse  $p_t$  (figure 3.1).

FIG. 3.1 – Efficacités en fonction du  $p_t$  pour aucun seuil, les seuil bas et haut

### 3.3.2 Efficacité de trigger en, présence de voies mortes

#### Efficacité de détection pour la résonance $J/\psi$

**Pour des collisions p-p** Les résultats obtenus avec les séries de masques au niveau local sont regroupés dans la série de graphes suivante.

Tout d'abord, les efficacités sans coupure en  $p_t$  ou avec coupure basse sont plus affectées par la présence des masques que les efficacités de détection avec la coupure haute. Pour 25 cartes masquées, l'efficacité chute jusqu'à environ 20 % pour les deux premières coupures (figure 3.8) et seulement de quelques pourcents pour la coupure haute (figure 3.8).

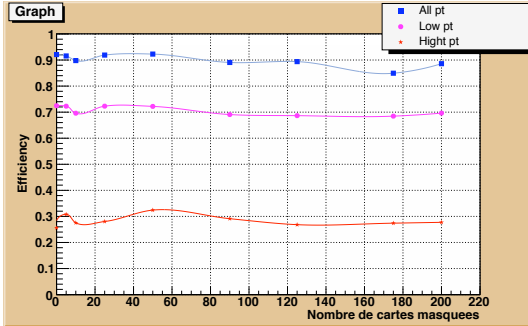


FIG. 3.2 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée

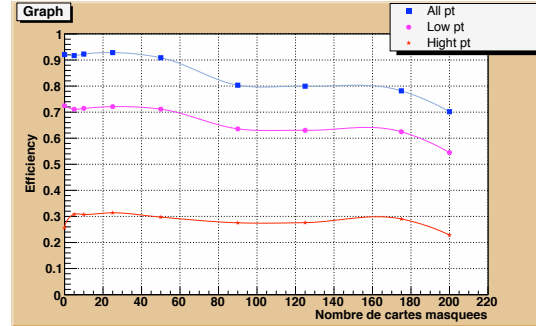


FIG. 3.3 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées

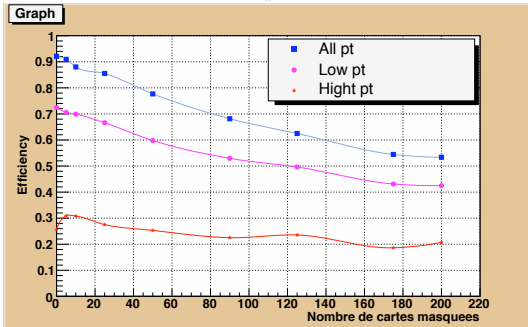


FIG. 3.4 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées

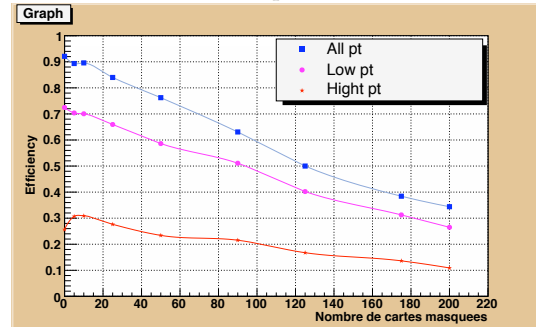


FIG. 3.5 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées

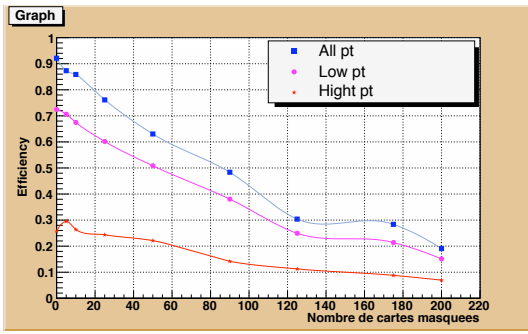


FIG. 3.6 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées

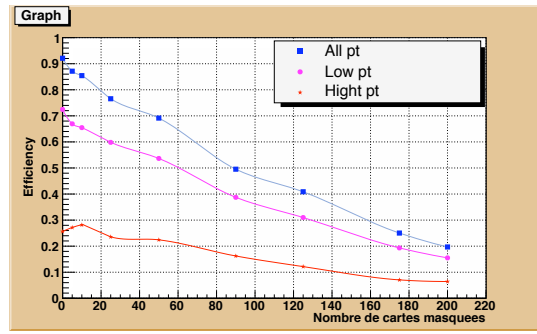


FIG. 3.7 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées

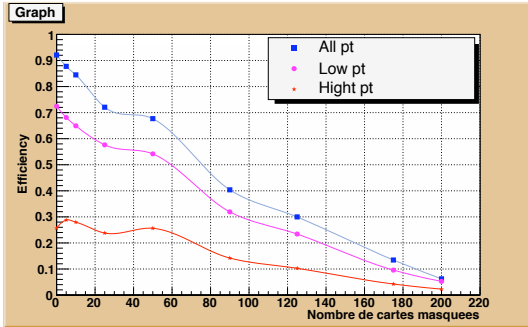


FIG. 3.8 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées

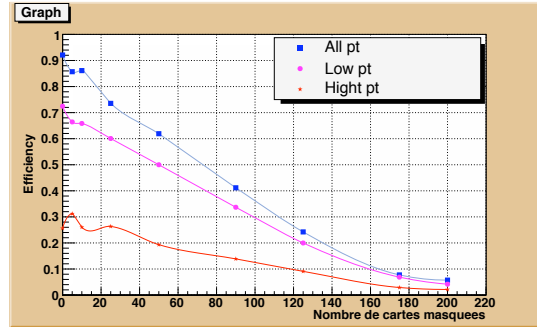


FIG. 3.9 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées

On constate que la perte d'efficacité est relativement faible pour les 4 premiers types de masques jusqu'à 50 cartes masquées. La plus forte chute d'efficacité est d'un peu plus de 10% pour 50 cartes avec 3 entrées masquées. L'influence de ces masques faibles ne se fait sentir qu'à partir d'un nombre cartes masquées importants, événement improbable dans la réalité. Par contre des masques plus forts (à partir de 4 entrées masquées par carte) ont des effets relativement rapides. Les efficacités de détection chutent d'environ 20% pour la coupure basse et jusqu'à 30% (pour 5 et 8 entrées masquées) sans coupure pour 50 cartes masquées. Les efficacités pour la coupure haute ne sont pas vraiment affectées pour des valeurs de cartes masquées inférieures à 50.

Cette première série de graphes permet de mettre en évidence un phénomène qui se retrouvera dans les autres processus. La baisse de l'efficacité de détection ne dépend pas seulement du nombre de voies mortes mais aussi de leur répartition. Par exemple, si l'on masque 50 cartes locales avec deux entrées, soit 100 voies mortes, le graphe indique une baisse de l'efficacité quasi-nulle. Par contre, pour 20 cartes avec 5 entrées masquées (donc 100 voies mortes aussi), l'efficacité chute d'environ 10 %. Il faut donc tenir compte de la répartition des voies mortes pour valider la sélection des événements.

Les valeurs les plus probables de nombre de cartes masquées sont comprises entre une dizaine (cartes totalement masquées) et une cinquantaine (cartes avec 1 entrée masquée). De plus, seule la coupure basse est appliquée pour détecter les muons issus de la désintégration de la résonance  $J/\psi$ . On constate donc que l'efficacité de détection est toujours bonne puisque les masques faibles l'influencent peu (jusqu'à 15% de perte à 50 cartes masquées) et les masques forts la font chuter de 10% au maximum pour 10 cartes masquées.

Le graphe 3.10 permet de corréler le nombre d'entrées masquées et de cartes avec l'efficacité de détection pour la coupure basse.

**Pour des collisions Pb-Pb** La série de graphes suivante (figures 3.11 à 3.18) représente l'évolution de l'efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées.



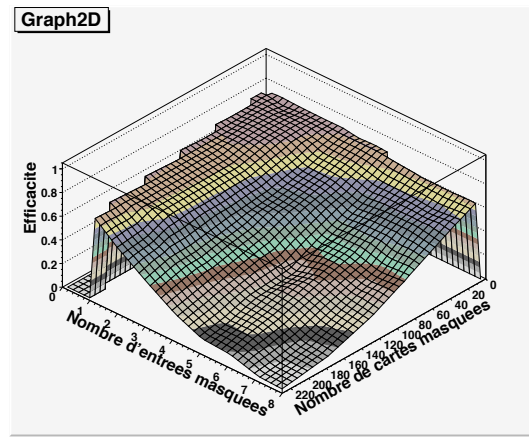


FIG. 3.10 – Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par la coupe basse en  $p_t$  pour des collisions p-p

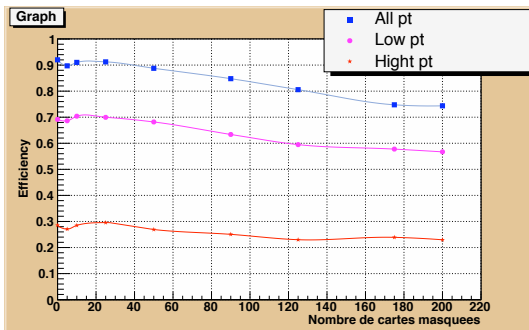


FIG. 3.11 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée

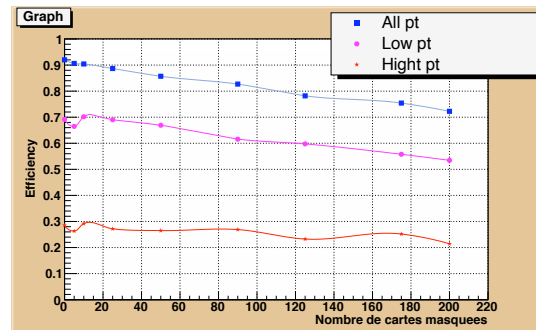


FIG. 3.12 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées

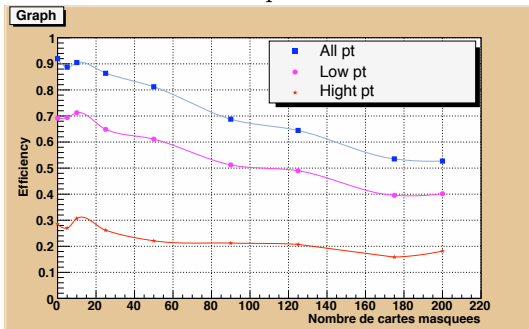


FIG. 3.13 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées

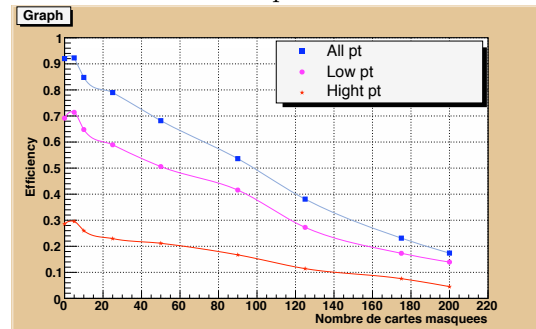


FIG. 3.14 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées

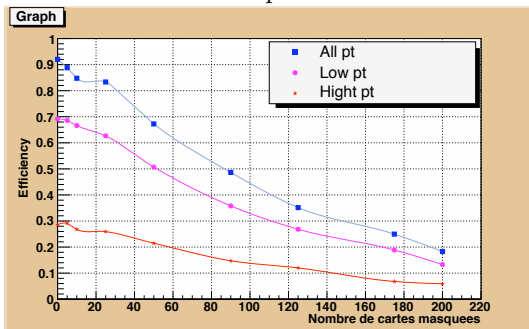


FIG. 3.15 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées

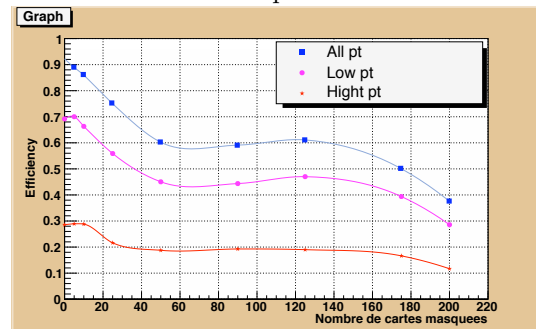


FIG. 3.16 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées

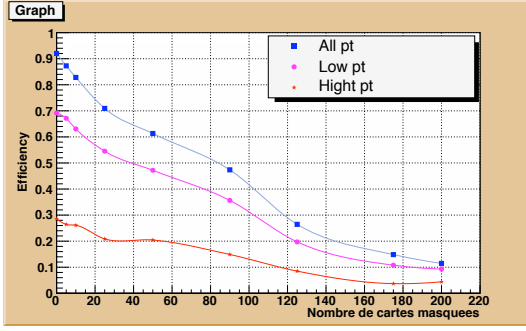


FIG. 3.17 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées

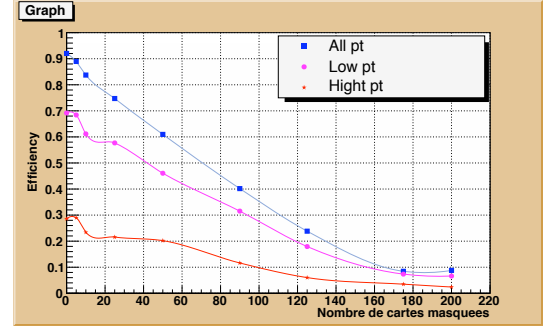
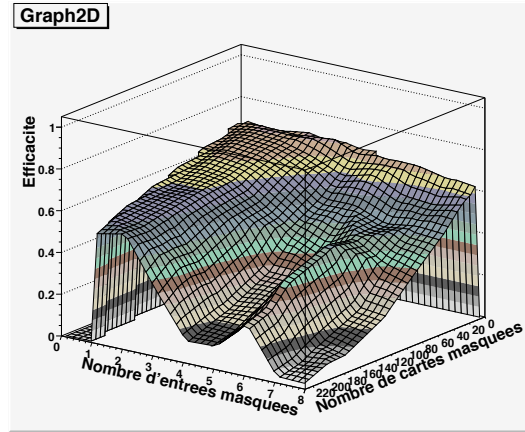


FIG. 3.18 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées

Pour des collisions d'ions lourds, l'allure des graphes est similaire à celle des graphes précédents pour des collisions p-p. La perte maximum d'efficacité pour des masques faibles est ainsi de 20% pour 50 cartes avec 4 entrées masquées. Pour les masques forts, l'efficacité chute d'environ 10% pour 10 cartes totalement masquées. Ces valeurs de cartes masquées correspondent aux situations pouvant se réaliser, il n'est donc guère utile d'examiner plus attentivement les valeurs supérieures. On remarque cependant que l'efficacité chute de 50 % pour seulement 80 cartes masquées totalement. La perte d'efficacité est donc relativement faible dans les situations réelles de voies mortes.

Le graphe 3.19 rassemble les informations des graphes précédents et permet de visualiser directement l'influence du nombre de cartes et du nombre d'entrées masquées sur l'efficacité de détection pour la coupure basse.

FIG. 3.19 – Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par carte pour la coupure basse en  $p_t$  pour des collisions Pb-Pb

Au niveau régional, nous avons décidé de masquer seulement 1 et 5 cartes régionales avec soit 4 entrées masquées, soit 8. Comme attendu, les efficacités de détection chute brutalement (de  $-3\%$  à  $-27\%$ ) alors que les cartes régionales sont au maximum à moitié masquées. Les résultats sont indiqués dans le tableau 3.6.

	Sans coupure		Coupure basse		Coupure haute	
	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{all-pt}}$	$\Delta\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{all-pt}}$	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{l-pt}}$	$\Delta\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{l-pt}}$	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{h-pt}}$	$\Delta\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{h-pt}}$
1 carte régionale avec 4 entrées masquées	97%	+5%	66%	-3%	26%	-2%
5 cartes régionales avec 4 entrées masquées	79%	-13%	60%	-9%	23%	-5%
1 carte régionale avec 8 entrées masquées	85%	-7%	65%	-4%	25%	-3%
5 cartes régionales avec 8 entrées masquées	65%	-27%	49%	-20%	18%	-10%

TAB. 3.6 – Efficacité de détection et différence par rapport à la valeur de référence avec des masques au niveau régional pour la résonance  $J/\psi$

Efficacité de détection pour la résonance  $\Upsilon$ 

**Pour des collisions p-p** Les résultats obtenus avec les séries de masques au niveau local sont regroupés dans la série de graphes suivante.

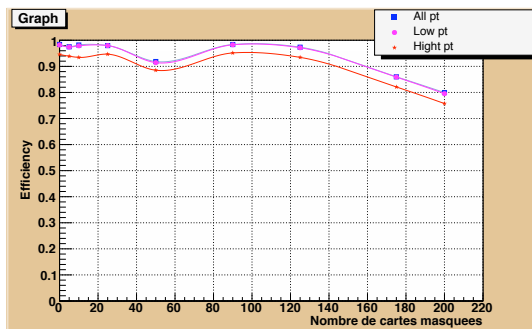


FIG. 3.20 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée

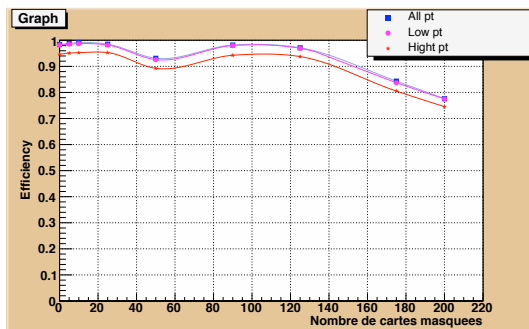


FIG. 3.21 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées

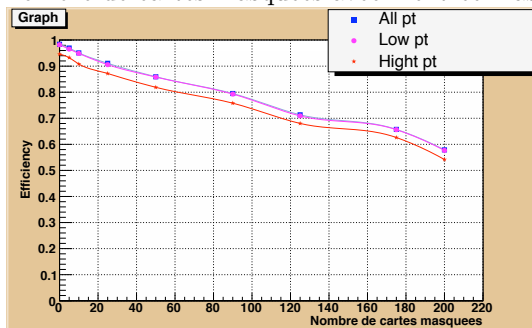


FIG. 3.22 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées

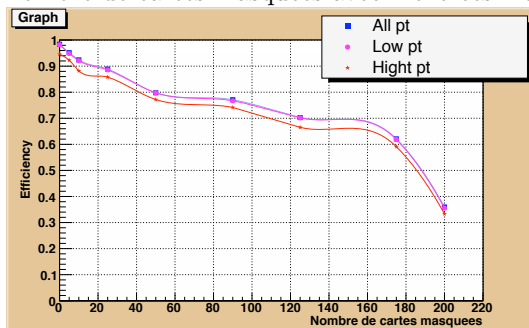


FIG. 3.23 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées

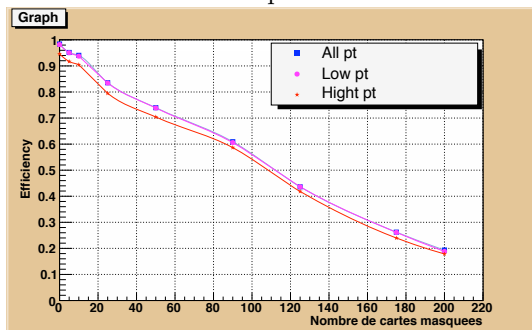


FIG. 3.24 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées

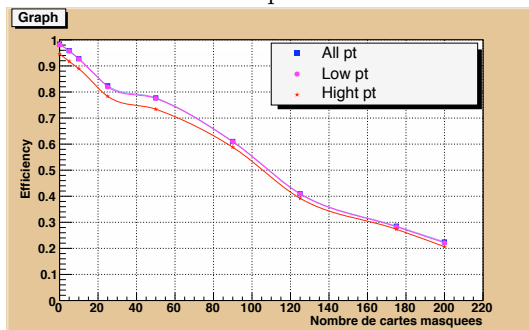


FIG. 3.25 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées

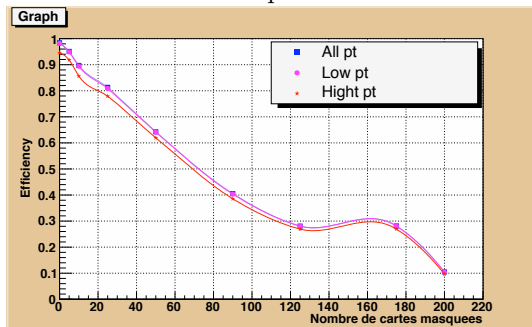


FIG. 3.26 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées

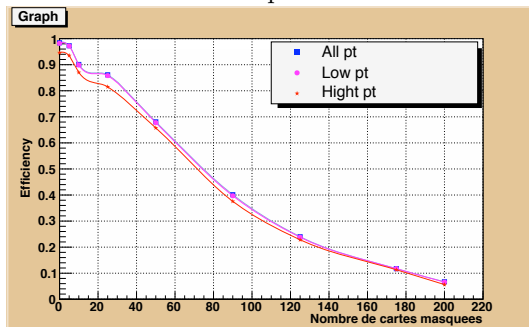


FIG. 3.27 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées

Le premier constat est que les masques influencent exactement de la même manière les différentes efficacités de détection des trois coupures en  $p_t$  ce qui se comprend aisément sachant que la majorité des muons issus de la désintégration de la résonance  $\Upsilon$  ont une impulsion transverse élevée au-delà de la coupure haute. Comme nous effectuons une coupure haut  $p_t$  pour détecter les muons issus de la désintégration de la résonance  $\Upsilon$ , nous nous intéresserons qu'aux courbes correspondant à cette coupure.

Les deux premières séries de masques (1 et 2 entrées masquées par carte) ont très peu d'influence sur l'efficacité de détection, sauf pour des nombres de cartes masquées trop importants pour être réalisables. Les deux autres séries de masques faibles ne font chuter l'efficacité que de 15 % maximum pour 50 cartes masquées.

Pour les séries de masques plus forts, on perd certes 20 à 30 % d'efficacité pour 50 cartes masquées mais ce ne sont pas des valeurs plausibles. Pour 5 entrées masquées, le nombre maximum de cartes masquées sera environ de 25, ce qui correspond à 15% de perte, et pour 8 entrées masquées, seul une dizaine de cartes seront masquées, d'où une perte d'environ 10%.

Le graphe 3.28 permet de corréler le nombre d'entrées masquées et de cartes avec l'efficacité de détection pour la coupure haute.

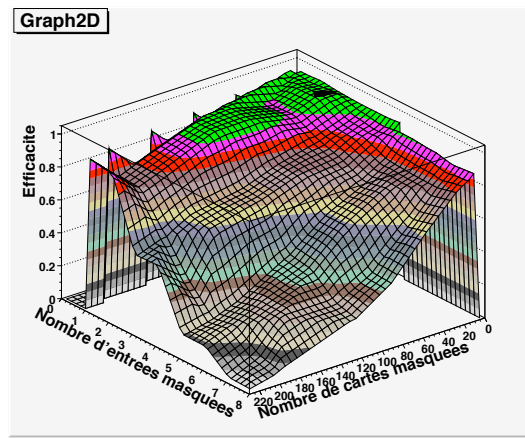


FIG. 3.28 – Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par carte pour la coupure haute en  $p_t$  pour des collisions p-p

**Pour des collisions Pb-Pb** La série de graphes suivante représente l'évolution de l'efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées.

Pour les trois premières séries de masques, l'efficacité chute au maximum de 10% pour 50 cartes masquées. Par contre, à partir de 4 entrées masquées par carte, on perd 20% d'efficacité pour 50 cartes, jusqu'à 25% pour 7 entrées masquées. Toutefois, pour des valeurs de cartes plausibles, il y a seulement une perte d'environ 10%.

Le graphe 3.37 rassemble les informations des graphes précédents et permet de visualiser directement l'influence du nombre de cartes et du nombre d'entrées masquées sur l'efficacité de détection pour la coupure basse.

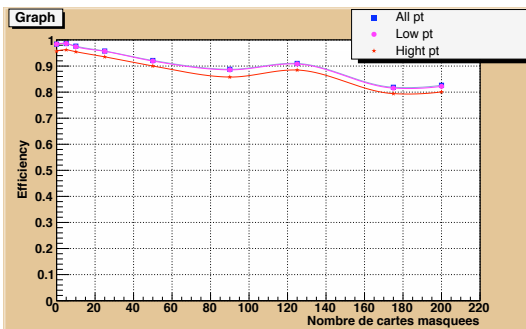


FIG. 3.29 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée

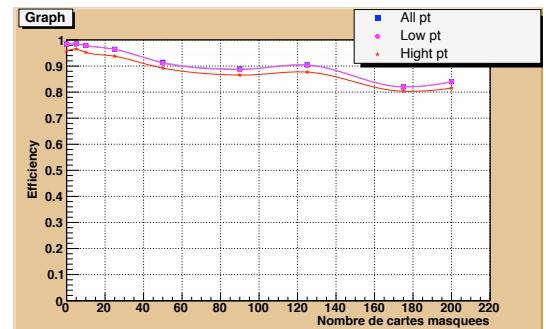


FIG. 3.30 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées

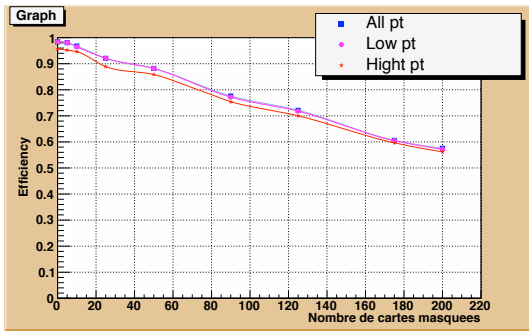


FIG. 3.31 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées

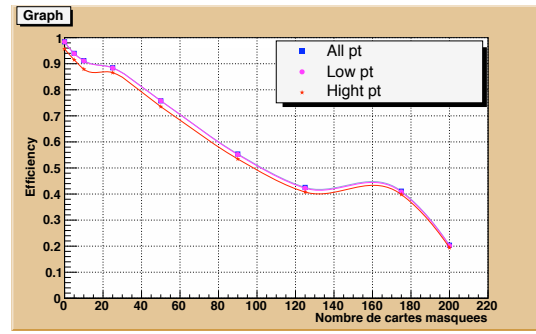


FIG. 3.32 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées

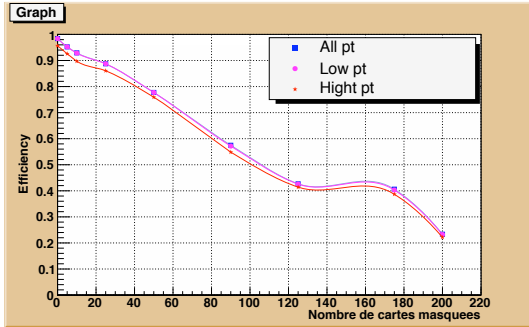


FIG. 3.33 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées

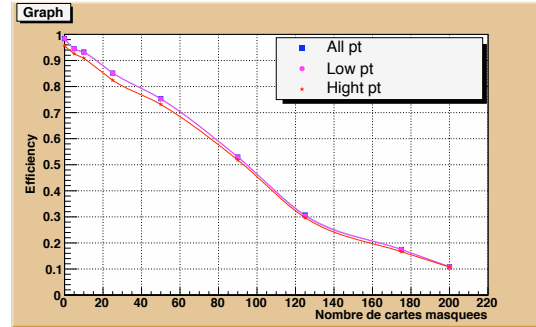


FIG. 3.34 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées

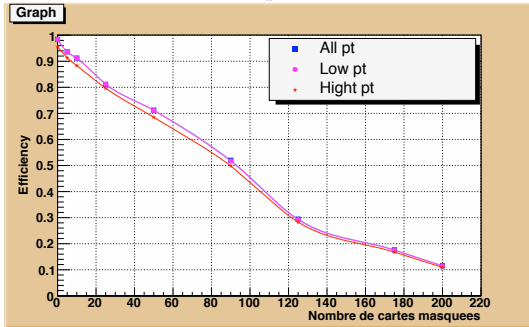


FIG. 3.35 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées

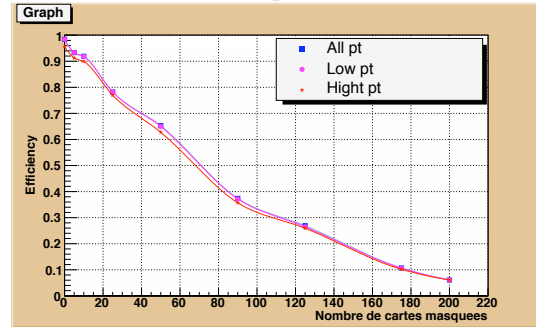


FIG. 3.36 – Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées

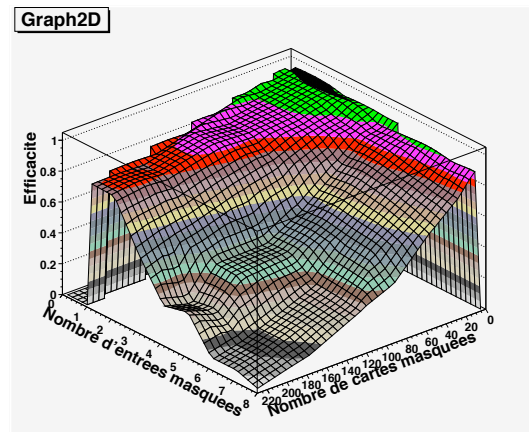


FIG. 3.37 – Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par carte pour la coupure haute en  $p_t$  pour des collisions Pb-Pb

Au niveau régional, les masques ont un effet nettement plus prononcés sur les efficacités de détection. Cependant celles-ci restent assez importantes au vu du nombre de cartes masquées. Les résultats sont consignés dans le tableau 3.7.

	Sans coupure		Coupure basse		Coupure haute	
	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{all-pt}}$	$\Delta\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{all-pt}}$	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{l-pt}}$	$\Delta\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{l-pt}}$	$\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{h-pt}}$	$\Delta\varepsilon_{\text{trig}}^{\text{h-pt}}$
1 carte régionale avec 4 entrées masquées	95%	-3%	95%	-3%	92%	-4%
5 cartes régionales avec 4 entrées masquées	84%	-14%	83%	-15%	81%	-15%
1 carte régionale avec 8 entrées masquées	96%	-2%	96%	-2%	94%	-2%
5 cartes régionales avec 8 entrées masquées	77%	-21%	77%	-21%	75%	-21%

TAB. 3.7 – Efficacité de détection et différence par rapport à la valeur de référence avec des masques au niveau régional pour la résonance  $\Upsilon$

### 3.3.3 Etude de l'évolution de l'efficacité différentielle avec les masques

Pour obtenir les graphes 3.38 (respectivement 3.39), seules 4 entrées (respectivement 8) sont masquées pour des valeurs de cartes égales à 25 (respectivement 10). Ces graphes sont représentatifs des constatations effectuées sur les séries de graphes précédents. Les pertes d'efficacités sont faibles pour des valeurs de cartes masquées plausibles. On constate qu'il n'y a pas de structure complexe. La pente est peu affecté et il s'agit plutôt du plateau qui est plus bas.

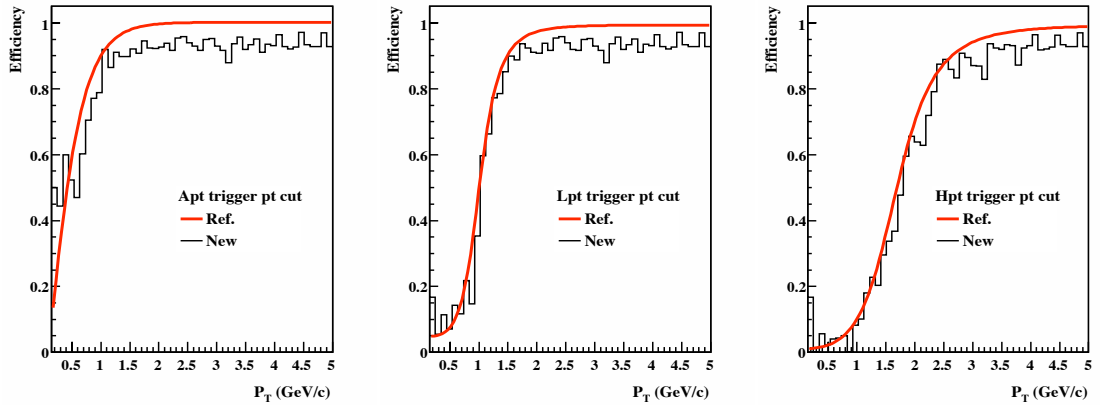


FIG. 3.38 – Efficacité en fonction du  $p_t$  pour aucun seuil, les seuil bas et haut, avec 4 entrées masquées pour 25 cartes

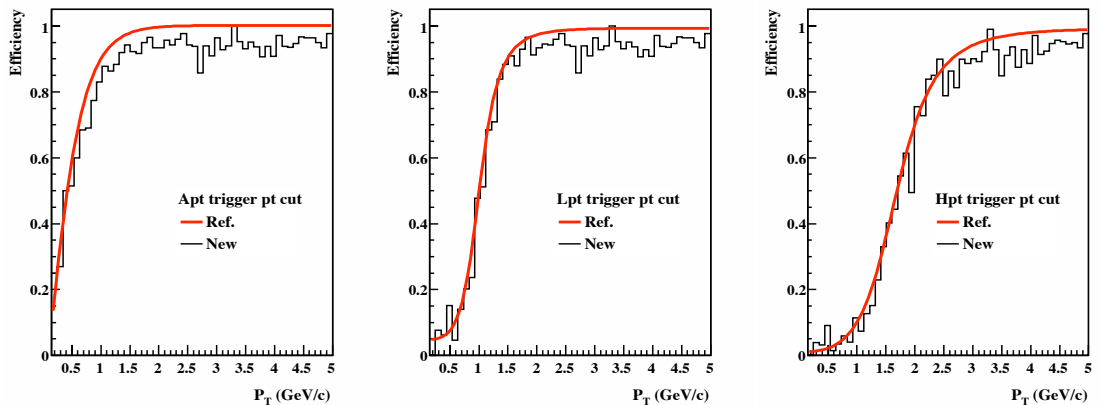


FIG. 3.39 – Efficacité en fonction du  $p_t$  pour aucun seuil, les seuil bas et haut, avec 8 entrées masquées pour 10 cartes

### 3.4 Etude de l'influence des voies bruyantes sur l'efficacité de détection

Dans le cas des voies bruyantes, les masques utilisés ne mettent plus la voie d'entrée du trigger à 0 mais à 1, une voie bruyante étant par définition au niveau 1 en permanence. Les mêmes séries de masques seront utilisées que dans le cas précédent. Pour des raisons techniques, les séries de graphes n'ont pu être obtenues : seules des valeurs de référence dans des tableaux seront présentées. Toutes les incertitudes sont au maximum de 5%. Tous les résultats suivants ont été obtenus pour des collisions Pb-Pb.

**Pour la résonance  $J/\psi$**  Les efficacités du tableau 3.8 correspondent aux efficacités de détection des muons issus de la désintégration de la résonance  $J/\psi$  après une coupure basse en  $p_t$ .

Masque utilisé	Efficacité de détection	Différence par rapport à la valeur de référence
1 entrée masquée pour 50 cartes	71%	+2%
2 entrées masquées pour 50 cartes	72%	+3%
3 entrées masquées pour 50 cartes	71%	+2%
4 entrées masquées pour 50 cartes	72%	+3%
5 entrées masquées pour 25 cartes	70%	+1%
6 entrées masquées pour 25 cartes	74%	+5%
7 entrées masquées pour 25 cartes	74%	+5%
8 entrées masquées pour 25 cartes	71%	+2%

TAB. 3.8 – Efficacité de détection avec la présence de voies bruyantes pour les muons issus de la désintégration de la résonance  $J/\psi$

L'influence de voies bruyantes sur l'efficacité de détection est minime et ne se fait réellement sentir que pour des valeurs de cartes masquées élevées (à partir de 100) qui ne sont pas possible dans la réalité.

**Pour la résonance  $\Upsilon$**  Les efficacités du tableau 3.9 correspondent aux efficacités de détection des muons issus de la désintégration de la résonance  $\Upsilon$  après une coupure haute en  $p_t$ .

Masque utilisé	Efficacité de détection	Différence par rapport à la valeur de référence
1 entrée masquée pour 50 cartes	96%	+0%
2 entrées masquées pour 50 cartes	96%	+0%
3 entrées masquées pour 50 cartes	95%	-1%
4 entrées masquées pour 50 cartes	95%	-1%
5 entrées masquées pour 25 cartes	95%	-1%
6 entrées masquées pour 25 cartes	96%	+0%
7 entrées masquées pour 25 cartes	97%	+1%
8 entrées masquées pour 25 cartes	95%	-1%

TAB. 3.9 – Efficacité de détection avec la présence de voies bruyantes pour les muons issus de la désintégration de la résonance  $\Upsilon$

Ainsi pour des valeurs de cartes plausibles, la présence de voies bruyantes n'affectent pas l'efficacité de détection dans le cas de la résonance  $\Upsilon$ .

# Conclusion

Nous avons présenté dans ce document l'étude de l'influence de voies mortes ou bruyantes du trigger sur les efficacités de détection . Nous avons ainsi montré que la présence de voies mortes au niveau local faisait chuter logiquement l'efficacité de détection mais dans des proportions tout à fait raisonnables pour un nombre de voies mortes plausible. Les voies bruyantes ont moins d'influence sur l'efficacité de détection et ne sont donc pas une source d'erreurs importante sur les résultats des collisions d'ions lourds.





# Bibliographie

- [1] O. ROIG, Thèse Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, DU 1172- EDSF 254 (1999)
- [2] B. FORESTIER, Thèse Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, DU 1457- EDSF 399 (2003)
- [3] G. BLANCHARD, P. CROCHET, P. DUPIEUX for the Clermont-Ferrand group, *The local trigger electronics of the ALICE dimuons trigger*, ALICE-EN-2003-010 (2003)
- [4] F. GUÉRIN et al., *ALICE Muon Trigger Performance*, ALICE-INT-2006-0002 (2006)
- [5] C. KUHN, *Plasma de quarks et de gluons et matière étrange du SPS au LHC*, cours de l'école JOLIOT-CURIE (1998)
- [6] M. GONIN, *Le Quarkonium : du Fermilab au SPS*, cours de l'école JOLIOT-CURIE (1998)
- [7] P. DUPIEUX, *L'étude du QGP au LHC*, cours de l'école JOLIOT-CURIE (2005)
- [8] C. ROY, *Une matière sous conditions extrêmes aux énergies RHIC*, cours de l'école JOLIOT-CURIE (2005)
- [9] O. PÈNE, *La QCD sans peine*, cours de l'école JOLIOT-CURIE (2005)



# Table des figures

1.1	Diagramme de phase de la matière nucléaire dans le plan température-potentiel chimique baryonique .	7
1.2	Variation du potentiel quark-antiquark ( $V_{q\bar{q}}$ ) en fonction de la distance d'interaction ( $r$ ) . . . . .	8
1.3	Schéma d'une collision centrale entre deux ions ultra-relativistes . . . . .	9
1.4	Production du $J/\psi$ dans une collision p-p . . . . .	10
1.5	Evolution temporelle d'une collision Pb-Pb à 158 GeV . . . . .	11
1.6	Section efficace de production du $J/\psi$ en fonction du système étudié . . . . .	11
2.1	Vue 3D du détecteur ALICE . . . . .	13
2.2	Schéma présentant les principaux éléments du spectromètre dimuons . . . . .	15
2.3	Schéma de principe du trigger du spectromètre dimuons . . . . .	16
2.4	Schéma général du trigger . . . . .	17
2.5	Plans des cartes de trigger local. Les cartes sont repérées par $L$ ou $R$ (pour Left ou Right) suivi du numéro de colonne, de ligne et de carte à l'intérieur du module ainsi défini. . . . .	18
3.1	Efficacités en fonction du $p_t$ pour aucun seuil, les seuil bas et haut . . . . .	22
3.2	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée . . . . .	22
3.3	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées . . . . .	22
3.4	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées . . . . .	22
3.5	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées . . . . .	22
3.6	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées . . . . .	23
3.7	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées . . . . .	23
3.8	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées . . . . .	23
3.9	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées . . . . .	23
3.10	Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par carte pour la coupure basse en $p_t$ pour des collisions p-p . . . . .	24
3.11	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée . . . . .	24
3.12	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées . . . . .	24
3.13	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées . . . . .	24
3.14	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées . . . . .	24
3.15	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées . . . . .	24
3.16	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées . . . . .	24
3.17	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées . . . . .	25
3.18	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées . . . . .	25
3.19	Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par carte pour la coupure basse en $p_t$ pour des collisions Pb-Pb . . . . .	25
3.20	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée . . . . .	26
3.21	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées . . . . .	26
3.22	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées . . . . .	26
3.23	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées . . . . .	26
3.24	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées . . . . .	26
3.25	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées . . . . .	26

3.26	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées . . . . .	26
3.27	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées . . . . .	26
3.28	Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par carte pour la coupure haute en $p_t$ pour des collisions p-p . . . . .	27
3.29	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 1 entrée masquée . . . . .	27
3.30	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 2 entrées masquées . . . . .	27
3.31	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 3 entrées masquées . . . . .	28
3.32	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 4 entrées masquées . . . . .	28
3.33	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 5 entrées masquées . . . . .	28
3.34	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 6 entrées masquées . . . . .	28
3.35	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 7 entrées masquées . . . . .	28
3.36	Efficacité de détection en fonction du nombre de cartes masquées avec 8 entrées masquées . . . . .	28
3.37	Efficacité en fonction du nombre de cartes masquées et du nombre d'entrées masquées par carte pour la coupure haute en $p_t$ pour des collisions Pb-Pb . . . . .	28
3.38	Efficacité en fonction du $p_t$ pour aucun seuil, les seuil bas et haut, avec 4 entrées masquées pour 25 cartes	29
3.39	Efficacité en fonction du $p_t$ pour aucun seuil, les seuil bas et haut, avec 8 entrées masquées pour 10 cartes	29

# Liste des tableaux

3.1	Efficacité de rejet des muons issus des désintégrations des hadrons charmés et beaux pour différentes coupures en $p_t$ . . . . .	20
3.2	Efficacité de rejet avec la présence de voies mortes des muons issus des désintégrations des hadrons charmés pour les coupures en $p_t$ haute et basse . . . . .	20
3.3	Efficacité de rejet avec la présence de voies mortes des muons issus des désintégrations des hadrons beaux pour les coupures en $p_t$ haute et basse . . . . .	21
3.4	Efficacité de détection selon différentes coupures en $p_t$ pour des collisions p-p . . . . .	21
3.5	Efficacité de détection selon différentes coupures en $p_t$ pour des collisions Pb-Pb . . . . .	21
3.6	Efficacité de détection et différence par rapport à la valeur de référence avec des masques au niveau régional pour la résonance $J/\psi$ . . . . .	25
3.7	Efficacité de détection et différence par rapport à la valeur de référence avec des masques au niveau régional pour la résonance $\Upsilon$ . . . . .	29
3.8	Efficacité de détection avec la présence de voies bruyantes pour les muons issus de la désintégration de la résonance $J/\psi$ . . . . .	30
3.9	Efficacité de détection avec la présence de voies bruyantes pour les muons issus de la désintégration de la résonance $\Upsilon$ . . . . .	30